

DE 4019732 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zur Steuerung aktiver Radaufhängungen von Fahrzeugen.

Aktive Radaufhängungssysteme verschiedenster Arten sind bereits entwickelt worden und beispielsweise in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 62-1 39 790 erläutert. Ein typisches Beispiel für eine aktive Radaufhängungsanordnung umfaßt die folgenden wesentlichen Komponenten. Individuelle Aufhängungen sind jeweils für jedes Rad zur Stützung des Fahrzeugs über Fluiddruck vorgesehen. Die Zufuhr und der Abzug von Fluid in jede Aufhängung und aus dieser heraus sind unabhängig durch die Betätigung jeweils vorgesehener Steuerventile gesteuert. Jedes Steuerventil wird durch Öffnungs- und Schließsteuersignale gesteuert, die von einer Steuereinheit erzeugt werden, welche auf Information wie die vertikale Beschleunigung der Fahrzeugmasse oberhalb jeder Aufhängungseinheit und der Vertikalverschiebung der Aufhängung anspricht. Die Steuereinheit berechnet eine Befehlsgröße oder Steuergröße für die Zufuhr oder den Abzug des Fluids für jede Radaufhängungseinheit. Auf diese Einheit werden Zufuhr und Abzug von Fluid in bzw. aus jeder Aufhängung gesteuert.

Die Anmelderin hat zuvor eine aktive Aufhängungsanordnung entwickelt, die weiter unten erläutert ist und hierfür eine US-Patentanmeldung (US-Ser. Nr. 4 10 834) eingereicht. In der oben erläuterten aktiven Radaufhängungsanordnung werden Sensoren bzw. Meßfehler dazu verwendet, Beschleunigungen in Längs- und Lateralrichtung des Fahrzeugs zu erfassen. Die oben beschriebene Steuereinheit schätzt vorab Änderungen der Fahrzeuglage (durch Nicken und Rollen), die die Beschleunigung, die Abbremsung oder Wendung des Fahrzeugs begleiten, ansprechend auf die Information von diesen Sensoren ab. Daraufhin berechnet die Steuereinheit die Steuergröße für die Fluidzufuhr und den Fluidabzug zur Aufrechterhaltung der Fahrzeuglage in einer gewünschten Stellung, wobei auf diese Weise Signale zur Öffnung und Schließung der Steuerventile erzeugt und übertragen werden.

Darüber hinaus hat die Anmelderin eine weitere aktive Aufhängungsanordnung entwickelt und als US-Anmeldung (US-Ser. Nr. 4 25 961) angemeldet. Diese Anordnung umfaßt Einrichtungen zum Steuern der Fahrzeuglage auf der Grundlage der Beschleunigung in Längs- und Seitenrichtung des Fahrzeugs sowie auch Einrichtungen zur willkürlichen Selektion und Einstellung einer Fahrzeugrollrichtung und eines Rollgrades oder Wankgrades während der Fahrzeugwendung oder Fahrzeugdrehung entsprechend eines durch den Fahrer vorgegebenen Vorzugs.

In der aktiven Aufhängungsanordnung, die das Fahrzeugrollen auf der Grundlage der Lateral- oder Querbesehleunigung (Lateral-G) in der erläuterten Weise steuert, wird, wenn der Lateral-G-Wert groß wird, die Größe der seitlichen oder lateralen Lastverschiebung, die bei großem lateralen G-Wert auftritt, ebenfalls groß und die Aufhängungsreaktionskraft oder -wirkkraft, die erforderlich ist, um den Rollwinkel auf Null oder auf irgendeinem gewünschten Winkel zu halten, wird ebenfalls groß. Nähert sich infolgedessen der Lateral-G-Wert einem oberen Grenzwert (beispielsweise 0,9 G für normale Personenkraftwagen), so wird die laterale Lastverschiebungsgröße extrem groß und es wird außerordentlich schwierig, eine gewünschte Fahrzeuglage aufrechtzuerhalten und eine Steuerung zur Verbesse-

rung des Fahrgefühls in diesem Zustand auszuführen.

Für diesen Fall wird ein Fahrzeug in Betracht gezogen, bei dem eine seitliche Lastverschiebung in der in Fig. 4 gezeigten Weise am rechten Vorderrad des Fahrzeugs infolge der lateralen G-Besehleunigung auftritt. Soll die Steuerung der Rollbewegung des Fahrzeugs innerhalb des Bereichs von $(-0,9\text{ G})$ bis $(+0,9\text{ G})$ erfolgen, so muß die Steueranordnung die Fähigkeit haben, die Aufhängungsreaktionskraft im Bereich von $(-x)$ bis $(2W_0 + x) \cdot 9,81\text{ N}$ zu steuern, wobei W_0 die anfängliche Aufhängungsreaktionskraft für das rechte vordere Rad ist. Um eine Aufhängungsreaktionskraft von $(-x) \cdot 9,81\text{ N}$ zu erzeugen, ist eine spezielle Aufhängungseinheit mit doppeltwirkender Gegenkolbenanordnung erforderlich. Darüber hinaus darf, um eine Kraft zu erzeugen, die dem Zweifachen der Anfangsaufhängungskraft W_0 entspricht, der Anfangsdruck (Standarddruck) der Aufhängungseinheiten nicht den halben Innendruck einer Hochdruckpumpe für den Fall übersteigen, daß eine hydro-pneumatische Aufhängung verwendet wird. Dies bedeutet, daß die Leistungsanforderungen an die Hochdruckpumpe sehr hoch sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Steuerung aktiver Radaufhängungen für ein Fahrzeug anzugeben, die die Funktion der Steuerung der Fahrzeuglage während eines Übergangszustands des Abbiegens oder Wendens erfüllt und die obigen Probleme vermeidet.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentsanspruchs 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung wird eine Vorrichtung zur Steuerung aktiver Radaufhängungen eines Fahrzeugs angegeben, welches Fluidaufhängungen umfaßt, von denen jeweils eine für jedes Rad vorgesehen ist. Ferner sind Einrichtungen zum Zuführen und Abziehen von Fluid in die jeweiligen Fluidaufhängungen bzw. aus dieser heraus vorgesehen, um die Aufhängungen unabhängig voneinander auszudehnen und zu kontrahieren. Ein Lateral-G-Sensor ist im Fahrzeug dazu vorgesehen, die Seitenbesehleunigung des Fahrzeugs zu erfassen. Eine Steuereinheit spricht auf das Besehleunigungssignal vom G-Sensor an, um die Zufuhr- und Abzugseinrichtungen derart einzustellen, daß die Fluidmenge, die zugeführt bzw. abgezogen wird, so gesteuert wird, daß die Fahrzeuglage in einer gewünschten Stellung gehalten wird. Ferner ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, daß sie Einrichtungen zum Einstellen einer lateralen Bezugsbesehleunigung, eine Umschalteneinrichtung, die ein Sperrsignal erzeugt, wenn die erfaßte Lateralbesehleunigung die Lateralbezugsbesehleunigung übersteigt, und eine Absperreneinrichtung aufweist, die auf das Sperrsignal so anspricht, daß sie das Fluid in den Fluidaufhängungen einschließt und zurückhält, so daß die Fluidaufhängungen passiv gemacht werden.

Übersteigt die erfaßte Lateralbesehleunigung nicht die Lateralbezugsbesehleunigung, so wirkt die Aufhängung wie eine aktive Aufhängung, wobei die Zufuhr und der Abzug des Öls in die jeweilige Aufhängung hinein bzw. aus dieser heraus so gesteuert werden, daß die Fahrzeugseitenlage in der gewünschten Weise aufrechterhalten wird. Übersteigt die erfaßte Lateralbesehleunigung den Lateralbesehleunigungsbezugswert, so werden die Absperrventile geschlossen, so daß das Öl in sämtlichen Aufhängungen abgesperrt gehalten wird, wodurch die gesamte Anordnung in den passiven Betriebszustand gebracht wird. Bei einer weiteren Zunahme der Lateralbesehleunigung tritt Fahrzeugrollen oder -wanken auf, welches der Lateralbesehleunigung ent-

spricht. Bei Abnahme der Lateralbeschleunigung werden die Absperrventile wieder geöffnet, und die Aufhängungsanordnung wird wieder in ihren aktiven Betriebszustand gebracht. Infolgedessen arbeitet die Anordnung bei normalen Fahrzuständen als aktive Aufhängungsanordnung. Da es nicht erforderlich ist, die Anordnung in Zuständen großer Lateralbeschleunigung im aktiven Betriebszustand zu betreiben, kann die Anordnung vereinfacht werden und kostengünstiger ausgelegt werden. Dabei können ihre Einheiten einfacher und auch kleiner ausgebildet werden und es ist möglich, den Energieverbrauch zu reduzieren.

Im folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Motorfahrzeugs, die die Auslegung einer erfindungsgemäßen Steuervorrichtung zeigt,

Fig. 2 eine schematische Darstellung, die ein hydraulisches System für Radaufhängungseinheiten entsprechend der Erfindung zeigt,

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung,

Fig. 4 einen Funktionsverlauf, der die Beziehung zwischen Seitenbeschleunigung und der seitlichen Lastverschiebungsgröße für das rechte Vorderrad darstellt,

Fig. 5 einen Funktionsverlauf, der die Beziehung zwischen der Seitenbeschleunigung und dem Rollwinkel zeigt, und

Fig. 6 einen Funktionsverlauf, der eine Hysterese verdeutlicht, die beim Umschalten zwischen einem aktiven und passiven Betriebszustand auftritt.

Die Fig. 1 und 2 zeigen ein aktives Radaufhängungssystem, auf das die Erfindung angewandt ist. In Fig. 2 zeigen die Bezugszeichen 1a und 1b die Radaufhängungen für das linke und rechte Vorderrad eines Motorfahrzeugs an, wohingegen 1c und 1d die entsprechenden Aufhängungen für das linke und rechte Hinterrad anzeigen. Jede der Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d ist mit einem pneumatischen Federabschnitt D und einem Hydraulikzylinder E ausgestattet. Der Federabschnitt D umfaßt eine Ölkammer A und eine Luftkammer B, die durch ein Diaphragma C getrennt sind. Die Ölkammer A des Federabschnitts D kommuniziert mit einer Ölkammer F des Hydraulikzylinders E über eine Öffnung oder Ausmündung G. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, ist ein Ende des Hydraulikzylinders E (wie z. B. der Bodenabschnitt des Zylinders) mit einem Aufhängungsarmteil 40 am Fahrzeuggrad W verbunden, wohingegen das andere Ende (eine Kolbenstange) des Hydraulikzylinders E mit einem Teil 41 des Fahrzeuggestells oder -chassis verbunden ist. Entsprechend der Belastung bezüglich des Zylinders E strömt Hydrauliköl der Ölkammer F durch die Öffnung G in die Ölkammer A hinein und aus dieser heraus, um so eine geeignete Dämpfungskraft hervorzurufen und gleichzeitig eine Federwirkung durch die volumetrische Elastizität der in der Kammer B luftdicht enthaltenen Luft zu erzeugen. Das oben erläuterte System ist ein bekanntes hydro-pneumatisches Aufhängungssystem.

Es sind Steuerventile 2a, 2b, 2c und 2d vorgesehen, um der Ölkammer F des Hydraulikzylinders E Öl zuzuführen und aus dieser Kammer wieder abzuziehen. Die Steuerventile 2a, 2b, 2c und 2d werden unabhängig voneinander durch ein Ventilsteuersignal von einer Steuereinheit 3, die weiter unten erläutert wird, betätigt. In der Fig. 1 sind die Steuerventile 2a, 2b, 2c und 2d separat in zwei Gruppen für die vordere und hintere Aufhängung installiert.

Eine Ölpumpe 5 wird durch einen Motor 6 so angetrieben, daß sie Öl aus einem Ölreservoir 4 in das System hineinpumpt. Im gezeigten System werden eine Ölpumpe 5' für die Servolenkung und die genannte Ölpumpe 5 tandemartig durch den Motor 6 angetrieben.

Das von der Ölpumpe 5 abgegebene Öl wird durch ein Absperr- oder Rückschlagventil 7 geführt und in einem Hochdruckakkumulator 8 gespeichert. Der in Fig. 1 gezeigte Akkumulator 8 ist in zwei Abschnitte jeweils für die vordere und hintere Aufhängung geteilt. Sind die Steuerventile 2a, 2b, 2c und 2d in die Einzugs- oder Zufuhrstellung geschaltet, so wird der Ölkammer F der Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d durch die in die Zufuhrstellung geschalteten Steuerventile Hochdrucköl zugeführt. Sind einige der Steuerventile 2a, 2b, 2c und 2d in die Abzugstellung geschaltet, so wird aus den entsprechenden Ölkammern F der Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d Öl abgezogen und durch einen Ölkühler 9 in ein weiteres Ölreservoir 4 entladen.

Die Fig. 2 zeigt ein Sicherheits- oder Überdruckventil 10 und ein Ventil 11, das in den in der Figur angedeuteten Entlastungszustand geschaltet ist, wenn Signale, die von der Steuereinheit 3 ansprechend auf Signale von einem Druckmeßfühler 81 erzeugt werden, anzeigen, daß der Hochdruckakkumulator 8 einen vorbestimmten Druck erreicht hat. Wird das Ventil 11 in den Entlastungszustand geschaltet, d. h. auf seine Entlastungsseite bewegt, so strömt das von der Ölpumpe 5 ausgegebene Öl in den Ölkühler 9 und daraufhin in das Ölreservoir 4.

Die Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d sind mit Aufhängungshubsensoren 13 versehen, wie in den Fig. 1 und 2 angedeutet ist. Der Sensor oder Meßfühler 13 erfaßt die vertikale Relativverschiebung jeder Aufhängung, die zwischen dem Rad und der Fahrzeugkarosserie vorgesehen ist, und gibt die entsprechende Information der Relativverschiebung für jede der Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d an die Steuereinheit 3 weiter.

Um die Verhaltensweisen des Fahrzeuges zu erfassen, sind ein Vertikal-G-Sensor 12 zur Erfassung der vertikalen Beschleunigung des Fahrzeuges (der vertikalen G-Beschleunigung), ein Lateral-G-Sensor 15 zur Erfassung der seitlichen Beschleunigung des Fahrzeuges (des Lateral-G-Werts) und ein Longitudinal-G-Sensor 15 zur Erfassung der Längsbeschleunigung des Fahrzeuges (des Longitudinal-G-Werts) vorgesehen. Die Fig. 1 zeigt die Positionen an, an denen die G-Sensoren 12, 14 und 15 installiert sind. Darüber hinaus ist ein Fahrzeuggeschwindigkeitssensor oder -meßfühler S vorgesehen, um die Geschwindigkeit des Fahrzeuges zu erfassen. Signale der Sensoren 12, 13, 14, 15 und S werden in die Steuereinheit 3 eingegeben. In Abhängigkeit von diesen Eingangssignalen bestimmt die Steuereinheit 3 die Steuergröße zur Zuführung und Abziehung von Öl bezüglich jeder Aufhängung, wobei entsprechende Ventilantriebs-signale an die jeweiligen Steuerventile 2a, 2b, 2c und 2d übertragen werden, wie weiter unten unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis 6 näher erläutert werden wird.

Zwischen jedem Steuerventil 2a, 2b, 2c oder 2d und jeder Aufhängung 1a, 1b, 1c und 1d ist ein Absperr- oder Startventil V vorgesehen. Das Ventil V ist normalerweise geöffnet, jedoch geschlossen, wenn es von der Steuereinheit 3 ein Ventilsperresignal empfängt.

In Fig. 3 zeigt der durch eine gestrichelte Linie X eingeschlossene Abschnitt ein Blockschaltbild zur Steuerung einer der vier Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d, in diesem Fall beispielhalber für die Aufhängung 1a des linken Vorderrades an. Insgesamt sind vier derarti-

ger Sätze entsprechender Steuerlogiken jeweils zur unabhängigen Steuerung der jeweiligen Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d vorgesehen.

In jeder Aufhängungseinheit werden die Vertikalbeschleunigung und die vertikale Relativverschiebung (Hub) von den Sensoren 12 bzw. 13 erfaßt. Das Vertikalbeschleunigungssignal vom Vertikal-G-Sensor 12 wird durch ein Tiefpaßfilter 11 geführt, um die Hochfrequenzkomponente dieses Signals zu reduzieren. Das Signal wird daraufhin durch eine Totzonenschaltung I₁ geführt, um ein Signal eines festgesetzten Bereichs in der Umgebung von Null zu entfernen. Das resultierende Signal wird einer Multiplikation durch eine Verstärkungsschaltung G₁ unterworfen. Auf diese Weise wird eine Steuerbefehlsgröße Q₁, die auf die Charakteristiken der entsprechenden Steuerventile 2a, 2b, 2c oder 2d abgestimmt ist, gewonnen.

Das Signal über die vertikale Relativverschiebung bzw. den Hub vom Hubsensor 13 wird in eine Differenzierschaltung Dc und eine weitere Totzonenschaltung I₃ geführt. Das durch die Differenzierschaltung Dc geführte Signal wird in ein Geschwindigkeitssignal für die vertikale Relativverschiebung bzw. den Hub umgesetzt.

Das Geschwindigkeitssignal wird durch eine Totzonenschaltung I₂ geführt, die aus diesem Signal einen Signalanteil innerhalb einer festgelegten Zone in der Umgebung von Null entfernt. Das resultierende Signal wird durch eine weitere Verstärkerschaltung G₂ geführt, um auf diese Weise eine Steuerbefehlsgröße Q₂ zu gewinnen, die auf die entsprechenden Steuerventilcharakteristiken abgestimmt ist.

Durch Einstellen eines Fahrzeughöheneinstellschalters 16 wird ein Bezugsfahrzeughöhensignal von einer Bezugsfahrzeughöhengeneratorschaltung H erzeugt. Das Bezugsfahrzeughöhensignal wird vom in die Totzonenschaltung I₃ einzugebenden Vertikalrelativverschiebungssignal subtrahiert und auf diese Weise wird ein tatsächliches, aktuelles Relativverschiebungssignal gewonnen. Das tatsächliche Relativverschiebungssignal wird durch die Totzonenschaltung I₃ geführt, in welcher ein Signalbruchteil innerhalb einer festgelegten Zone in der Umgebung von Null aus diesem Signal entfernt wird. Das resultierende Signal wird durch eine weitere Verstärkerschaltung G₃ geführt, um eine Steuerbefehlsgröße Q₃ zu erzeugen, die auf die jeweiligen Steuerventilcharakteristiken abgestimmt ist.

Die jeweilige Steuerbefehlsgröße (Q₁, Q₂ und Q₃), die auf die Charakteristiken der entsprechenden Steuerventile abgestimmt ist, ist wie folgt beschaffen. Für den Fall, daß das Steuerventil beispielsweise ein Strömungsrautensteuerventil ist, ist die Steuerbefehlsgröße die Länge der Öffnungszeit des Ventils, die notwendig ist, um zu gewährleisten, daß eine erforderliche Hydraulikölmenge zugeführt oder abgezogen wird. Die Länge der Ventilöffnungszeit wird unter Berücksichtigung der Ventilöffnungs/Schließcharakteristiken bestimmt.

Die drei Steuerbefehlsgrößen Q₁, Q₂ und Q₃ werden in der gezeigten Weise addiert. Die resultierende Summe der Steuergrößen wird durch eine Steuergrößenkorrekturschaltung R geführt, um auf diese Weise in eine korrigierte Steuerbefehlsgröße Q umgesetzt zu werden, die unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen wie der Temperatur- und Druckverluste infolge der Länge der Leitungen, korrigiert ist. Die korrigierte Größe Q wird durch eine Ventilantriebssignalgeneratorschaltung W geführt, die aus diesem Signal ein Signal zur Steuerung der Ventilöffnung/Schließung erzeugt. Auf diese Weise wird das Steuerventil 2a in die Ölzu-

fuhr- oder Abzugsstellung geschaltet. Auf diese Weise werden die Zufuhr und der Abzug von Öl der Steuergröße in die Aufhängung 1a und aus dieser heraus bewerkstelligt.

Wird beim obigen Steuerverlauf eine Vertikalbeschleunigung erfaßt, so wird Öl innerhalb der Aufhängung 1a beispielsweise ansprechend auf eine anwachsende Beschleunigung abgezogen und entladen. Bei abnehmender Beschleunigung wird Öl in die Aufhängung 1a eingeführt. Durch einen solchen Steuervorgang werden bezüglich von Kräften von unten, wie beispielsweise Stößen, Bodenwellen, Druck oder Schub von der Straßenoberfläche, hohe und weiche Dämpfungsscharakteristiken für die Aufhängung hervorgerufen. Bezüglich von Kräften, die von oben einwirken (d. h. von der Fahrzeugkarosserie), werden harte Aufhängungscharakteristiken erzeugt, um so die Fahrzeughöhe infolge der Steuerung in Abhängigkeit von der vertikalen Hubgeschwindigkeit und dem vertikalen Hub auf der Bezugsfahrzeughöhe zu halten, indem hierzu die Zufuhr und der Abzug von Öl gesteuert werden.

Darüber hinaus reagiert das Steuersystem durch die Führung des Vertikalbeschleunigungssignals durch das Tiefpaßfilter 11 nicht auf Schwingungen im Hochfrequenzbereich, wie sie bei der Resonanz der Masse unterhalb der Aufhängungen auftreten, sondern spricht auf Schwingungen im niedrigen Frequenzbereich an, wie sie bei der Resonanz der Masse oberhalb der Aufhängungen auftreten. Auf diese Weise kann die Steueranordnung Schläge und Rückprall verhindern, so die Fahrfähigkeit und Steuerbarkeit verbessern, wodurch auch eine Vergeudung von Energie für die Steuerung vermieden wird.

Der Fahrzeughöheneinstellschalter 16 ist ein Umschalter, mit dem die Höhe aus einer normalen Stellung auf eine erhöhte Stellung geändert wird. Wird die normale Fahrzeughöhe ausgewählt, so erzeugt die Bezugsfahrzeughöhensignalgeneratorschaltung H ein niedriges Bezugsfahrzeughöhensignal. Wird der Fahrzeughöheneinstellschalter 16 auf die Schalterstellung für die hohe Fahrzeughöhe umgeschaltet, so erzeugt die Bezugsfahrzeughöhensignalgeneratorschaltung H ein hohes Bezugsfahrzeughöhensignal.

Die Steuerung in Abhängigkeit vom Vertikalhubsignal vom Sensor 13 bewirkt, daß die Fahrzeughöhe auf der Fahrzeugbezugshöhe gehalten wird. Wird infolgedessen diese Fahrzeugbezugshöhe aus der normalen Bezugshöhe auf die hohe Bezugshöhe umgeschaltet, so wird die Steuerbefehlsgröße Q₃ zur Zuleitung von Öl erzeugt. Infolgedessen wird Öl, beispielsweise in die Aufhängung 1a gefördert, um die Fahrzeughöhe auf eine dieser höheren Bezugsfahrzeughöhe entsprechenden Höhe anzuheben. Wenn der Fahrzeughöheneinstellschalter 16 wieder auf die Schalterstellung für normale Fahrzeughöhe umgeschaltet wird, so wird eine Steuerbefehlsgröße Q₃ erzeugt, die den Abzug von Öl hervorruft. Auf diese Weise wird aus der Aufhängung 1a Öl wieder abgezogen. Infolgedessen wird das Fahrzeug wieder auf die normale Bezugsfahrzeughöhe abgesenkt. Der Abzug und die Zufuhr von Öl werden gleichzeitig für sämtliche Aufhängungen durch den Umschaltvorgang des Fahrzeughöheneinstellschalters 16 durchgeführt.

Zusätzlich zur Steuerung im normalen Fahrzustand ist auch eine Steuerung dann nötig, wenn plötzlich eine große Beschleunigung in Längsrichtung oder in seitlicher Richtung des Fahrzeugs bei einem plötzlichen Bremsvorgang, einer plötzlichen Beschleunigung oder

plötzlichen Wendung oder Dehnung angewandt wird. In einem solchen Fall ist eine prompte und zuverlässige Steuerung der Fahrzeuglage ohne irgendeine Verzögerung erforderlich. Für diesen Zweck ist eine Steuerlogik auf der Grundlage von Erfassungssignalen des Longitudinal-G-Sensors 14 und Lateral-G-Sensors 15 vorgesehen.

Wie aus der Fig. 3 hervorgeht, wird ein vom Longitudinal-G-Sensor 14 erfaßtes Signal über die Längsbeschleunigung durch eine Hystereseschaltung 17 und eine Totzonenschaltung 18 geführt und konvertiert. Durch die Hystereseschaltung 17 bzw. 18 wird das Longitudinalbeschleunigungssignal so umgesetzt, daß eine Steuerung erzielt wird, die nicht auf Fluktuationen des Longitudinal-G-Wertes der üblichen Größenordnung während eines normalen Fahrzustandes anspricht, jedoch auf ein starkes Nicken der Fahrzeugkarosserie bei voller Beschleunigung oder Bremsung unter einem höheren Grad, als es mittleren Werten entspricht. Das auf diese Weise umgesetzte Signal wird in eine Schaltung 19 zur Berechnung der Longitudinallastverschiebungsgröße geführt.

Diese Schaltung 19 berechnet die Lastverschiebungsgröße in Längsrichtung ansprechend auf das ihr zugeführte Eingangssignal, ferner in Abhängigkeit von einer gespeicherten Fahrzeugspezifikation und von Information bezüglich der gerade vorliegenden Höhe des Fahrzeugschwerpunktes oberhalb dem Boden, wobei dieser Schwerpunkt auch vom Fahrzeughöheneinstellschalter 16 bestimmt wird.

Das Ergebnis dieser Berechnung wird zu einer Schaltung 20 übertragen, die Variationen der Aufhängungsrückwirkungs- oder Rückstoßkraft berechnet, welche aus der Lastverschiebungsgröße an jeder Position der Aufhängung resultieren kann, wobei bei dieser Berechnung die Antriebskraft und Bremskraft, die auf die Reifen wirken, berücksichtigt werden und die Berechnung in Abhängigkeit von der so zugeführten Information und weiterer Information erfolgt, die beispielsweise die Art der Aufhängungen und die Antriebsart (Vorderradantrieb, Hinterradantrieb, Vierradantrieb usw.) umfaßt.

Die Berücksichtigung der Antriebskraft und der Bremskraft, die auf die Reifen wirken, in Abhängigkeit von der Art der Aufhängungen und der Antriebsart hat die folgende signifikante Bedeutung. Wirkt im Fall einer Längslenkerradaufhängung eine Bremskraft auf das Rad, so wird die Rückwirkungskraft durch ein Lager des Längslenkerarms aufgenommen und gehalten. Auf diese Weise wird im allgemeinen ein Moment in Richtung der Kompression der Aufhängung auf den Längslenkerarm (beim Bremsen mit geometrischer Antiliftcharakteristik) angewandt. Infolgedessen nimmt die Reaktionskraft oder Rückwirkungskraft auf das Vorderrad zu, und die Reaktionskraft auf das Hinterrad nimmt ab, wobei diese Zunahme und Abnahme mit Bezug auf die Longitudinallastverschiebungsgröße zu beobachten sind, die infolge von Trägheitskraft auftritt. Bei der Beschleunigung wird als Aufhängungsreaktionskraft infolge der Antriebsreaktionskraft auf ein Antriebsrad ein Moment in Richtung zur Dehnung der Aufhängungsfeder angewandt. Ein solches Moment tritt nicht in einem angetriebenen Rad auf.

Aus der obigen Beschreibung geht hervor, daß die Variation der Aufhängungsreaktionskraft in Abhängigkeit von Faktoren wie der Position des Längslenkerarms und der Position dessen Schwing- oder Kippachse oder Lenkerdrehachse differiert. Liegt eine Querlenkeraufhängung (Dreiecksquerlenkerradaufhängung) vor,

so differiert die Variation der Aufhängungsreaktionskraft in Abhängigkeit von den Neigungen der Kipp- oder Schwingachsen von oberen und unteren Steuerarmen. Bei einer sogenannten MacPherson-Aufhängung differiert die Variation in Abhängigkeit von Faktoren wie der Neigung der Hängestrebe der Aufhängung und der Position der Drehachsen eines unteren Arms.

Infolgedessen wird die Variation der Reaktionskraft exakt auf der Grundlage der Art der Aufhängung und der Art des Antriebs berechnet.

Ähnlich wie im Fall des Longitudinal-G-Sensors 14 wird auch die Lateralbeschleunigung, die vom Lateral-G-Sensor 15 erfaßt wird, durch eine Hystereseschaltung 21 und eine Totzonenschaltung 22 geführt. Auf diese Weise vermeidet die Steuerung ein Ansprechen auf geringfügige Fluktuationen des lateralen G-Wertes, die bei normalen Fahrzuständen auftreten. Auf diese Weise wird nur ein Signal oberhalb eines bestimmten Wertes zu einer Schaltung 23 zur Berechnung des Rollmoments übertragen. Aus diesem Eingangssignal berechnet die Berechnungsschaltung 23 das Rollmoment auf der Grundlage der Fahrzeugspezifikation, die vorab gespeichert wurde, und von Information bezüglich der Höhe des Fahrzeuggruppschwerpunktes, der durch den Fahrzeughöheneinstellschalter 16 bestimmt ist. Das Berechnungsergebnis wird zu einer Schaltung 24 zur Berechnung einer Laterallastverschiebungsgröße übertragen.

Getrennt hiervon wird ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal, das vom Fahrzeuggeschwindigkeitssensor S geliefert wird, zu einer Schaltung 25 geführt, die das Rollmoment-Vorder/Rückverteilungsverhältnis festlegt. Aus der Fahrzeuggeschwindigkeitsinformation bestimmt die Schaltung 25 das Vorder/Rückverteilungsverhältnis des Rollmoments auf der Grundlage der Charakteristik eines zuvor festgesetzten Fahrzeuggeschwindigkeits-Rollmoment-Vorder/Rückverteilungsverhältnisses. Das bestimmte Rollmomentvorder/Rückverteilungsverhältnis wird der Berechnungsschaltung 24 zugeführt.

Die Berechnungsschaltung 24 verteilt das erzeugte Rollmoment, das ihr von der Rollmomentberechnungsschaltung 23 zugeführt wird, auf die Vorder- und Hinterräder und berechnet die Laterallastverschiebungsgröße zwischen den seitlichen Lasten der Vorder- und Hinterräder auf der Grundlage des Rollmomentvorder-Rückverteilungsverhältnisses, das durch die Verteilungsverhältnisfestsetzungsschaltung bestimmt wird.

Das resultierende Ausgangssignal der Berechnungsschaltung 24 wird einer Schaltung 25 zugeführt, die die Variation der Aufhängungsreaktionskraft berechnet. In dieser Schaltung 25 wird die gesamte Lateralkraft, die auf die Räder wirkt, entsprechend dem erzeugten Lateral-G-Wert auf die Vorder- und Hinterräder auf der Grundlage der Giermomentgleichgewichtsgleichung mit der Lage des Fahrzeugschwerpunktes und der Distanz zwischen den Vorder- und Hinterachsen verteilt. Dann wird unter Berücksichtigung der von der Berechnungsschaltung 24 berechneten lateralen Lastverschiebungsgröße zwischen den Vorder- und Hinterrädern, der Lateralkräfte auf die Vorder- und Hinterräder, der Fahrzeughöhe und der Art der Aufhängungen die Variation der Aufhängungsreaktionskraft separat für jede der vorderen und hinteren Radaufhängungen berechnet.

Die Variationen der Aufhängungsreaktionskräfte, die jeweils von den Berechnungsschaltungen 20 und 25 berechnet werden, werden in einer Schaltung 27 addiert, die die Gesamtvariation der Aufhängungsreaktions-

kraft berechnet. Darüber hinaus berechnet die Schaltung 27 die Steuergröße für die Zufuhr und den Abzug des Öls, wobei diese auf die Gesamtvariation der Aufhängungsreaktionskraft abgestimmt wird, um den Innendruck für jede Aufhängung aufrechtzuerhalten. Die resultierende Steuergröße wird in einer Schaltung 28 zum Umsetzen der Steuergröße in eine Steuerbefehlsgröße umgesetzt, die auf die Ventilspezifikation oder -charakteristik angepaßt ist. Diese umgesetzte Steuerbefehlsgröße Q_4 wird zu den Steuerbefehlsgrößen Q_1 , Q_2 und Q_3 addiert. Die resultierende Größe wird einer Schaltung R zur Korrektur der Steuergröße zugeführt.

Entsprechend der obigen Erläuterung wird eine Steuervorrichtung angegeben, die die Zufuhr und den Abzug des Öls für jede Aufhängung unabhängig ansprechend auf die Vertikalbeschleunigung der Masse oberhalb der Aufhängung und der vertikalen Relativverschiebung zwischen den Massen oberhalb und unterhalb der Aufhängungen derart steuert, daß die Fahrzeugsteuerfähigkeit und das Fahrverhalten verbessert werden. Darüber hinaus steuert die obige Steuervorrichtung die Fahrzeuglage ansprechend auf den longitudinalen G-Wert und den lateralen G-Wert des Fahrzeugs. Durch die beschriebene Anordnung wird unter Fahrbedingungen wie der Beschleunigung und Wendung die Fahrzeugrumpflage ohne empfindliche Verzögerung durch die Steuerlogik auf Grundlage des Longitudinal-G-Werts und Lateral-G-Werts übergangsweise bezüglich der Nick- und Rollbewegungen des Fahrzeugrumpfes bzw. der Fahrzeugkarosserie gesteuert.

In der oben beschriebenen aktiven Aufhängungssteuervorrichtung wird, wenn der Lateral-G-Wert groß wird und einen oberen Grenzwert im Funktionsverlauf der Fig. 4 erreicht, der die Beziehung zwischen dem Lateral-G-Wert und der lateralen Lastverschiebungsgröße für das vordere rechte Rad zeigt, die Laterallastverschiebungsgröße extrem groß und es wird schwierig, die Fahrzeuglage zu steuern. Dies bedeutet, daß die Steuerung des Fahrgefühls ebenfalls schwierig wird.

Um dieses Problem zu lösen, verwendet die erfindungsgemäße Vorrichtung das Absperrventil V für jede der Aufhängungen 1a, 1b, 1c und 1d, wie aus Fig. 2 hervorgeht. Das Absperrventil V ist in der Ölpassage zwischen jedem Steuerventil 2a, 2b, 2c und 2d und jeder Aufhängung 1a, 1b, 1c und 1d installiert. Das Absperrventil V für jede Aufhängung wird geschlossen, wenn es ein Signal von der Steuereinheit 3 empfängt.

Das Absperrventil V wird durch eine weiter unten erläuterte Steuereinrichtung betätigt. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, umfaßt die Vorrichtung eine Einrichtung 30 zum Festsetzen eines Lateral-G-Bezugswerts, welcher ein Wert ist, der in Relation zum oben erwähnten oberen Grenzwert des Lateral-G-Werts bestimmt wird. Darüber hinaus ist eine Aktiv/Passiv-Umschalteneinrichtung 31 vorgesehen, die vom Lateral-G-Sensor 15 über die Hystereseschaltung 21 und die Totzonenschaltung 22 das Signal empfängt. Das der Umschalteneinrichtung 31 zugeführte Lateral-G-Signal wird mit dem Signal von der Bezugslateral-G-Wertfestlegungsvorrichtung 30 in einem Komparator 31b verglichen. Übersteigt das Lateral-G-Signal den Bezugswert für das Lateral-G-Signal, so liefert die Umschalteneinrichtung 31 ein Sperrsignal an das Absperrventil V. Wird dieses Sperrsignal an das Ventil geliefert, so wird das Ventil V geschlossen, um die Verbindung zwischen jedem Steuerventil 2a, 2b, 2c oder 2d und jeder Aufhängung 1a, 1b, 1c und 1d zu unterbrechen. Dies bedeutet, daß die aktive Aufhängungsanordnung eine passive Aufhängungsanordnung wird, in wel-

cher das Öl in den Aufhängungen abgedichtet gehalten wird, ohne daß Öl zugeführt oder abgezogen wird.

Der laterale G-Bezugswert wird auf angenähert die Hälfte des oberen Grenzwertes festgelegt. Beispielsweise ist für gewöhnliche Kraftwagen der obere Grenzwert für die laterale G-Beschleunigung angenähert 0,9 G, wobei hierbei der Bezugswert auf angenähert 0,5 G festgelegt wird. Durch Festlegen des lateralen G-Bezugswertes in der oben beschriebenen Weise wird der Steuerbereich $(W_0 - \alpha) - (W_0 + \alpha)$ der Aufhängungsreaktionskraft für jede Aufhängung größer als Null und kleiner als das Zweifache der anfänglichen Aufhängungsreaktionskraft W_0 . Eine gewöhnliche aktive Aufhängungsanordnung kann modifiziert werden, um die oben beschriebene Steuerung auszuführen, ohne daß hierzu die Kosten und die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Hochdruckpumpe erhöht würden.

Die Umschalteneinrichtung 31 umfaßt eine Hystereseschaltung 31a, um dem lateralen G-Bezugswert eine in Fig. 6 angedeutete Hysteresis zu verleihen. Im in Fig. 6 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Lateral-G-Bezugswert, der eine Umschaltung von "aktiv" auf "passiv" hervorruft, auf 0,5 G festgelegt und der Lateral-G-Bezugswert, der eine Umschaltung von "passiv" auf "aktiv" hervorruft, ist auf 0,4 G festgelegt. Die Umschaltung mit der Hysteresis zwischen "aktiv" und "passiv" verhindert während der Öffnung und Schließung des Absperr- oder Umschaltventils V ein Schlagen oder Vibrieren.

Die Vorrichtung wirkt so, daß sie den Rollwinkel der Fahrzeugkarosserie ansprechend auf den erfaßten Lateral-G-Wert auf Null hält. Mit dem Absperrventil V und der Aktiv/Passiv-Umschalteneinrichtung 31 wirkt die Vorrichtung wie durch L in Fig. 5 angedeutet ist in einer solchen Weise, daß, wenn der Lateral-G-Wert während einer Wendung unterhalb des Lateral-G-Bezugswerts von beispielsweise 0,5 G liegt, das Absperrventil geöffnet gehalten wird und die Aufhängungen unabhängig durch Zufuhr und Abzug des Öls so gesteuert werden, daß die Fahrzeuglage infolge der Übergangszustandssteuerung ansprechend auf den erfaßten lateralen G-Wert und infolge der Rückkopplungssteuerung (Regelung) ansprechend auf die erfaßten Aufhängungshübe horizontal wird. Die Vorrichtung wirkt auch in einer solchen Weise, daß, wenn der Lateral-G-Wert den lateralen G-Bezugswert übersteigt, die Umschalteneinrichtung 31 das Ventilsperrsignal zur Schließung sämtlicher der Absperrventile V liefert. Sind die Ventile V geschlossen, so wird in jeder Aufhängung das Öl hermetisch eingegrenzt oder abgedichtet und die Aufhängungen werden in einen passiven Zustand versetzt, so daß die Fahrzeugrollbewegung mit weiterer Zunahme des lateralen G-Wertes beginnt. Da jedoch die Rollbewegung, bis der Lateral-G-Wert den Lateral-G-Bezugswert überstieg, auf Null gehalten wurde, wird der Rollwinkel des Fahrzeugs geringer gehalten als der Rollwinkel N (Fig. 5) in üblichen Motorfahrzeugen ohne die Steuerungen des Rollwinkels.

Die weiter oben erwähnte US-Patentanmeldung Nr. 4 25 061 offenbart eine aktive Aufhängungsanordnung, die mit einem Rollrichtungsauswahlschalter zur Selektion der Rollrichtung und des Rollgrades während der Fahrzeugwendung und einer Steueranordnung ausgerüstet ist, die auf den erfaßten Lateral-G-Wert und die Änderung des Aufhängungshubs so anspricht, daß der Rollgrad wie durch den Auswahlschalter selektiert aufrechterhalten wird.

Werden das Absperrventil V und die Aktiv/Passiv-Umschalteneinrichtung 31 in dieser bekannten aktiven

Aufhängungsanordnung vorgesehen, so ergeben sich die folgenden Wirkungen. Wenn der Lateral-G-Wert einen festgelegten Lateral-G-Bezugswert (von beispielsweise 0,5 G) nicht überschreitet, so wird die Steuerung in einem aktiven Steuerzustand so ausgeführt, daß das Fahrzeugrollen auf dem durch den Auswahlschalter ausgewählten Ausmaß gehalten wird. Überschreitet der Lateral-G-Wert den festgelegten Lateral-G-Bezugswert, so werden die Absperrventile V geschlossen, und die Aufhängungen werden in den passiven Betriebszustand versetzt. Die Vorrichtung liefert dann eine Rollcharakteristik, wie sie in Fig. 5 durch M angedeutet ist, für den Fall, daß durch den Auswahlschalter ein gegenläufiges Rollen selektiert wurde.

Durch Umschalten der Aufhängungsanordnung aus "aktiver" Steuerung in "passive" Steuerung bei einem Lateral-G-Wert, der den festgelegten Bezugswert überschreitet, behält die Vorrichtung in ausreichendem Maße die Funktion einer aktiven Aufhängung mit gutem Fahrgefühl und Fahrzeugkarosserielagesteuerung im Bereich normaler Lateral-G-Werte. Auch ist es möglich, daß die Anordnung leicht eine Fahrzeugcharakteristik eines weicheren Fahrgefühls als bei gebräuchlichen Fahrzeugen erreicht und daß auch leichter ein geringerer Rollwinkel während Drehungen oder Wendungen mit großem Lateral-G-Wert erzielt wird.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die speziellen zuvor erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern auf jede mögliche aktive Aufhängungsanordnung für Fahrzeuge, unter anderem der folgenden Art anwendbar. Solche aktiven Radaufhängungsanordnungen umfassen Aufhängungen, die die Fahrzeugkarosserie mittels Fluiddruck stützen und halten. Es sind Einrichtungen vorgesehen, die zumindest Variationen in der Vertikalverschiebung der Aufhängungen feststellen. Die aktive Aufhängungsanordnung führt ebenfalls die Zufuhr und den Abzug des Fluids in und aus jeder Aufhängung unabhängig derart aus, daß die Fahrzeuglage entsprechend der Änderungen in der Vertikalverschiebung der Aufhängungen in einer gewünschten Stellung gehalten wird. Die Anordnung hat darüber hinaus ferner zumindest einen Lateral-G-Sensor und die Zufuhr und der Abzug des Fluids werden so durchgeführt, daß eine Fahrzeugrollbewegungssteuerung ausgeführt wird.

Die Erfindung vermeidet, wie oben ausgeführt wurde, exzessive Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Einheiten der aktiven Aufhängungsanordnungen, insbesondere an eine Hochdruckpumpe, wodurch die Einheiten geringer und kostengünstiger ausgelegt werden können und Steuerenergie und Treibstoff eingespart werden können. Darüber hinaus ermöglicht die Erfindung Fahrzeugeigenschaften mit weicherer Federung und besserem Fahrgefühl sowie geringerem Rollwinkel als in gebräuchlichen Fahrzeugen während einer Fahrzeugwendung mit großer Lateralbeschleunigung.

Neben den Ausführungsbeispielen sind zahlreiche Modifikationen und Änderungen möglich, ohne von der Erfindungsidee abzuweichen oder den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

voneinander zu dehnen und zusammenzuziehen, einen Lateral-G-Sensor, der im Fahrzeug zur Erfassung der lateralen Beschleunigung des Fahrzeugs vorgesehen ist, und eine Steuereinheit, die auf das Beschleunigungssignal vom G-Sensor zur Einstellung der Zufuhr- und Abzugseinrichtungen vorgesehen ist, um die Fluidmenge, die zuzuführen oder abzuziehen ist, um die Fahrzeuglage in einer gewünschten Stellung zu halten, zu steuern, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aufweist: eine Einrichtung (30) zur Festlegung einer lateralen Bezugsbeschleunigung;

eine Umschalteneinrichtung (31) zur Erzeugung eines Sperrsignals, wenn die erfaßte Lateralbeschleunigung die laterale Bezugsbeschleunigung übersteigt; und

eine Absperreinrichtung (V), die auf das Sperrsignal so anspricht, daß das Fluid in den Fluidaufhängungen eingeschlossen gehalten wird, um die Fluidaufhängungen (1a, 1b, 1c, 1d) passiv zu machen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Absperreinrichtung aus Absperrventilen (V) besteht, die in den Passagen installiert sind, welche die Zufuhr- und Abzugseinrichtungen (2a, 2b, 2c, 2d) jeweils mit den Fluidaufhängungen verbinden, und dabei eine normale geöffnete Stellung und eine Schließstellung einnehmen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umschalteneinrichtung (31) eine Hystereseschaltung (31a) aufweist, die den Wert der lateralen Bezugsbeschleunigung gemäß einer Hysterese ändert, wenn das Absperrventil in die Normalstellung zurückgeführt wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner gekennzeichnet durch eine Hystereseeinrichtung (21), die die erfaßte Lateralbeschleunigung einer Hystereseverarbeitung unterzieht.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, ferner gekennzeichnet durch eine Totzoneneinrichtung (22), die die der Hysteresebehandlung unterzogene Lateralbeschleunigung mit einer Totzone verarbeitet.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung aktiver Radaufhängungen eines Fahrzeugs, aufweisend Fluidaufhängungen, die für die jeweiligen Räder vorgesehen sind, Einrichtungen zum Zuführen und Abziehen von Fluid in die jeweilige Fluidaufhängung bzw. aus dieser heraus, um die Aufhängungen unabhängig

— Leerseite —

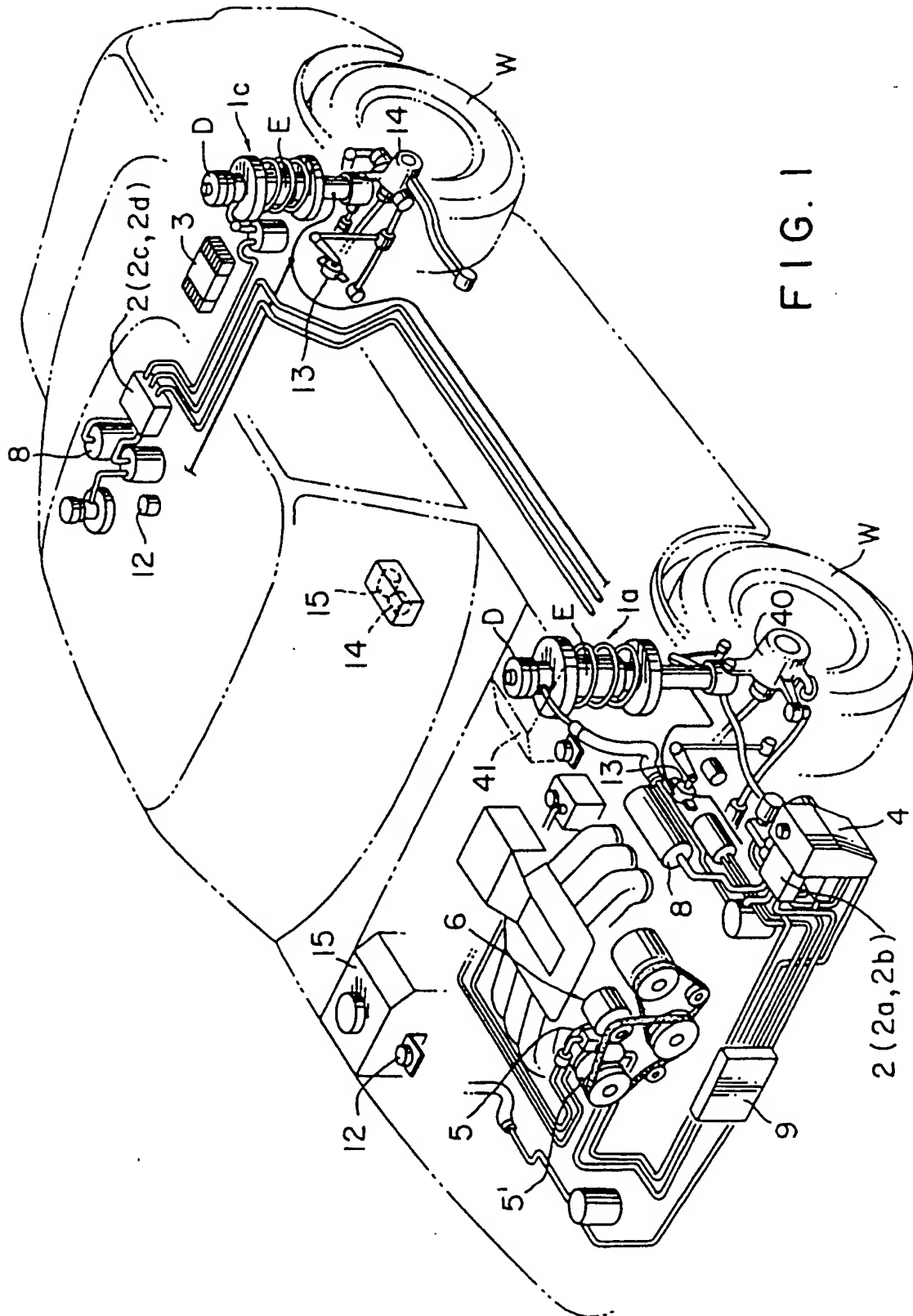


FIG. 1

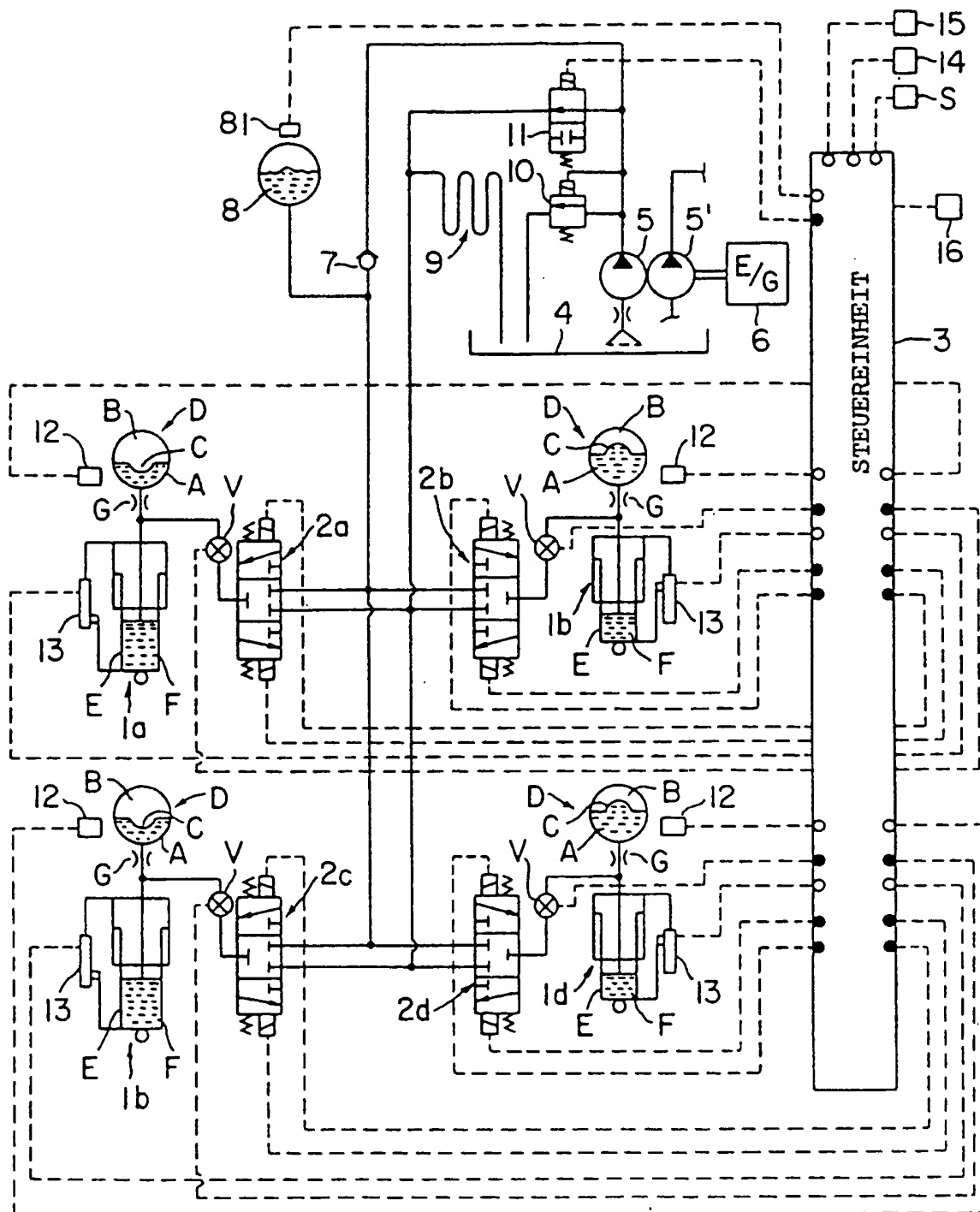
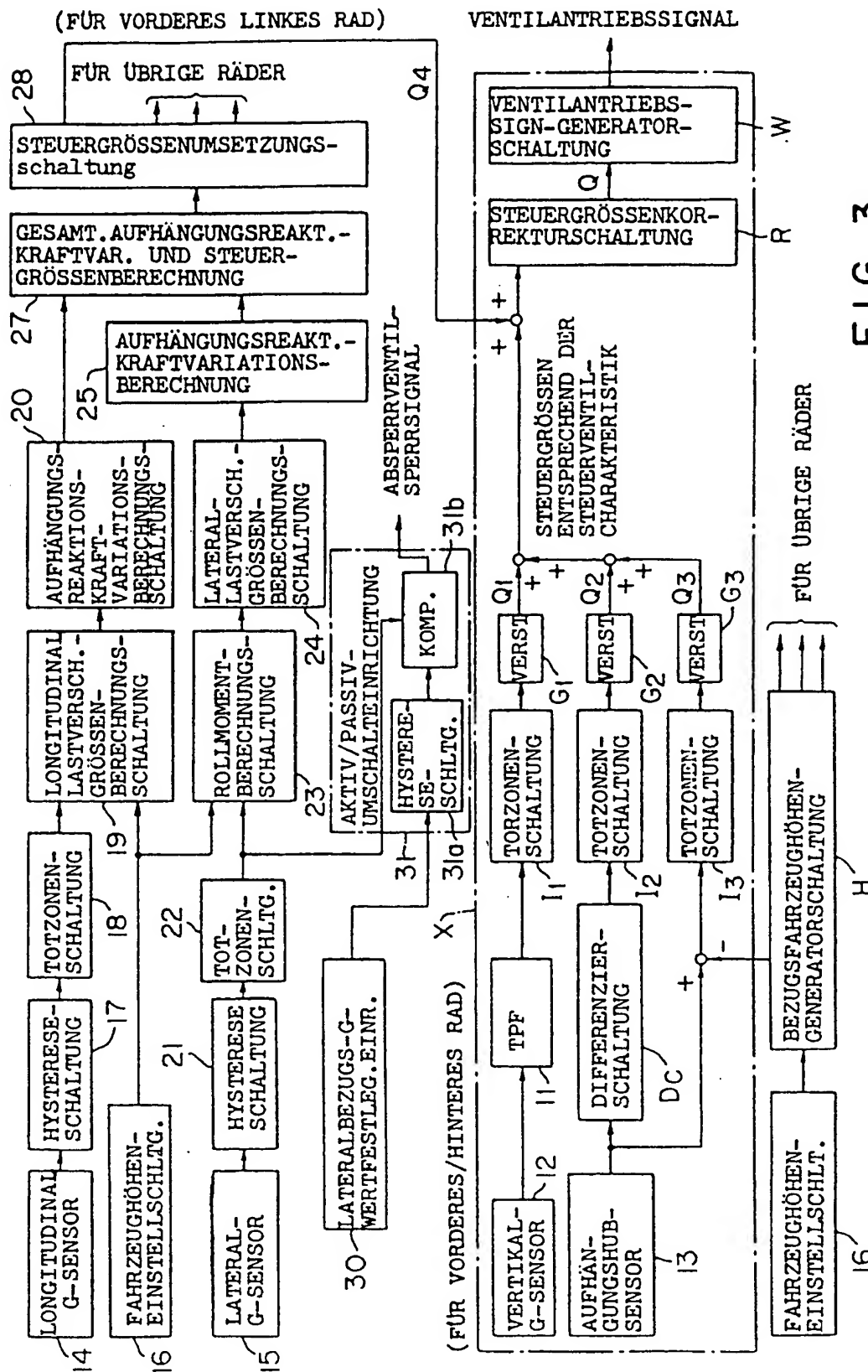


FIG. 2



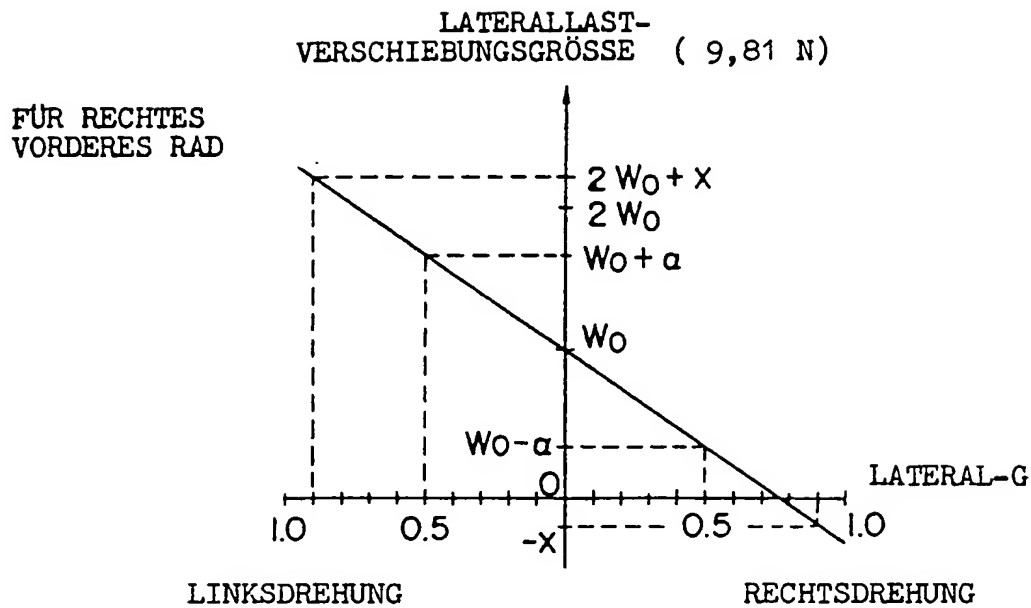


FIG. 4

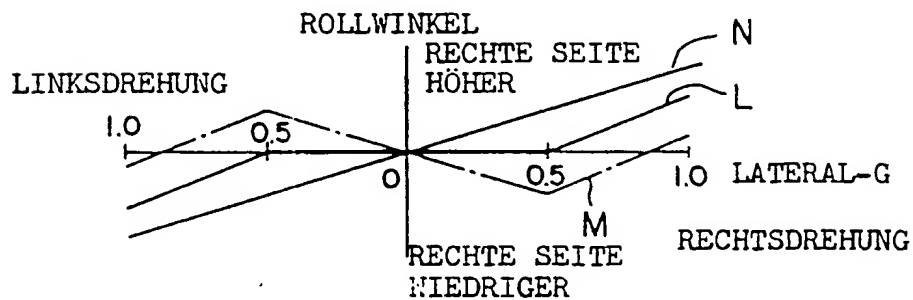


FIG. 5

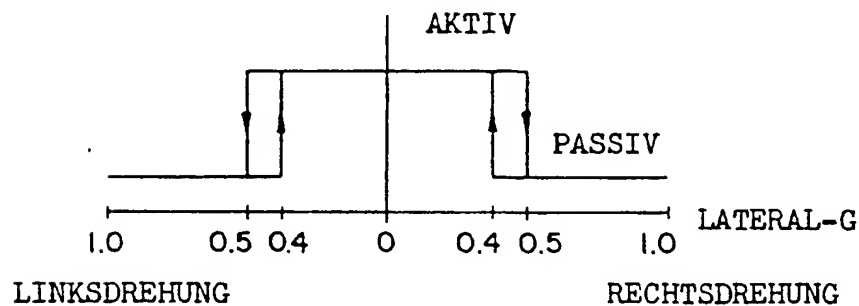


FIG. 6